



# Generator arbitralny AFG3102

*Epoka analogowych generatorów funkcyjnych, które przez lata były powszechnie wykorzystywane przez elektroników prawdopodobnie odejdzie wkrótce w zapomnienie. Nowe, cyfrowe technologie stwarzają nieporównywalnie większe możliwości w zakresie generowania przebiegów. Dysponując generatorem arbitralnym możemy uzyskiwać niemal dowolne ich kształty.*

Generator, to jeden z najbardziej przydatnych obok oscyloskopu i zasilacza przyrządów pomiarowych w pracowni każdego elektronika. Choć korzystają z niego głównie fachowcy od techniki analogowej, to dobrym generatorem na pewno nie pogardzi również spec od „cyfrówki”.

Rozwiązania układowe generatorów, w których

przestrzajanie częstotliwości odbywa się na zasadzie zmiany wartości elementów sprzężenia zwrotnego (pojemność, indukcyjność, rezystancja) niestety wymagają podziału całego pasma użytkowego na kilka zakresów. Znane i powszechnie stosowane są również generatory VCO (*Voltage Controlled Oscillator*), w których zmianę częstotliwości uzyskuje się poprzez regulację na-

pięcia sterującego. Zaletą takich generatorów jest łatwość uzyskania modulacji częstotliwości. Generatory klasyczne są jej praktycznie pozbawione. Wraz z rozwojem techniki cyfrowej (w tym DSP), w generatorach coraz po-

wszechniej jest stosowana matematyczna (można chyba tak powiedzieć) metoda tworzenia przebiegów elektrycznych. Daje ona nieporównywalnie większe możliwości w stosunku do dotychczas stosowanych rozwiązań.





**Przełączniki elektromagnetyczne**  
w ponad 6000 wersjach wykonania, sklasyfikowanych w 9 grupach:

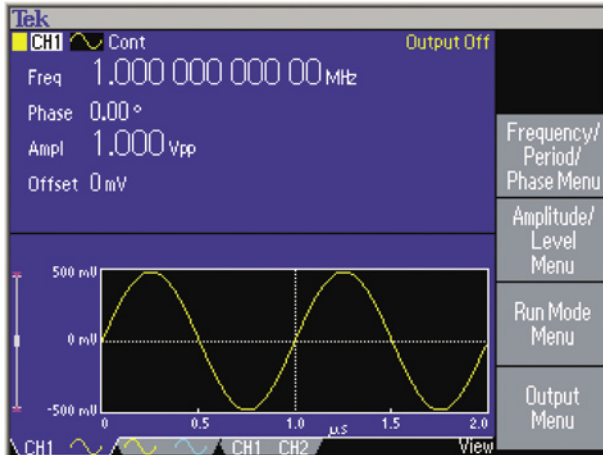
- ogólnego zastosowania
- motoryzacyjne
- telekomunikacyjne
- do montażu PCB
- mocy
- zatraskowe
- timery
- do sterowania napędami
- półprzewodnikowe





01-013 Warszawa, ul. Kacza 6 lok. A  
tel. (022) 862-75-00, fax (022) 862-75-01  
e-mail: info@gamma.pl  
e-mail: jarek@gamma.pl

**www.gamma.pl**

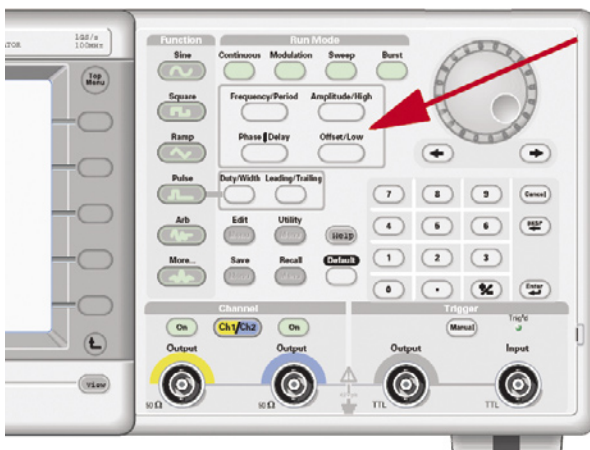


Rys. 1. Ekran generatora podczas normalnej pracy z widocznym menu ekranowym

Generatory funkcyjne, tak bardzo popularne jeszcze do niedawna, coraz częściej ustępują pola nowym konstrukcjom wykorzystującym technikę cyfrową. Spektakularnym przykładem nowoczesnych generatorów cyfrowych są generatory arbitrarne. Zastosowanie w nich zaawansowanej technologii przyczynia się do tego, że na dzień dzisiejszy podobne przyrządy znajdują się w ofercie chyba tylko najbardziej liczących się na rynku producentów. Dzięki temu mamy jednak pewność, że dostępny sprzęt będzie się charakteryzował bardzo wysokimi parametrami technicznymi.

## Kolorowy wyświetlacz LCD w generatorze

Wielki bęben do przestrajania częstotliwości, mały potencjometr do regulacji poziomu sygnału wyjściowego, ewentualnie kilka przełączników zakresów i rodzaju pracy – były to kiedyś wszystkie elementy potrzebne do obsługi generatora. Poznanie i naucze-



Rys. 2. Pole przycisków skrótów na płycie czołowej generatora

nie się korzystania ze wszystkich możliwości, jakie oferuje współczesny generator arbitrarne jest chyba porównywalne z nauką obsługi oscyloskopu cyfrowego. Oba te przyrządy upodabniają się nawet do siebie swoim wyglądem zewnętrznym.

W miesiącach wakacyjnych tego roku miała miejsce premiera generatorów arbitrarnych rodziny AFG3000. Z sześciu dostępnych modeli mieliśmy możliwość testowania generatora AG-

F3102. Jego pasmo robocze jest równe 100 MHz, ale najmocniejszy typ z pasmem 240 MHz nie ma odpowiedników na rynku. Reakcją niemal każdego, kto pierwszy raz zobaczył ów generator był zachwyt wyrażony słowami „Jaki piękny macie telewizor”. W istocie, niemal połowę płyty czołowej generatora AFG3102 zajmuje kolorowy wyświetlacz LCD o rozdzielczości 320x240 pikseli (Quarter VGA). W drugiej części płyty umieszczono wszystkie elementy regulacyjne i najważniejsze gniazda typu BNC. Jak się w praktyce okazało, tak duży ekran przyczynia się do bardzo wysokiego komfortu pracy. Są na nim wyświetlane parametry generowanych sygnałów i ich przybliżone kształty. Jest też wydzielony obszar przeznaczony na kontekstowe menu obsługiwane za pomocą przycisków funkcyjnych rozłożonych pionowo wzdłuż krawędzi ekranu (na wysokości poszczególnych opcji menu). Jak przystało na generator, w AFG3102 zastosowano również „bęben” do ustawiania parametrów, nie jest on jednak tak wielki, jak w dawnych przyrządach. Nie ma już bowiem potrzeby precyzyjnego ustawiania położenia pokrętki, regulacja jest cyfrowa. Elementem wprowadzającym nastawy jest impulsator. W czasie obrotu gałki wyraźnie wyczuwamy jego delikatne „puknięcia”.

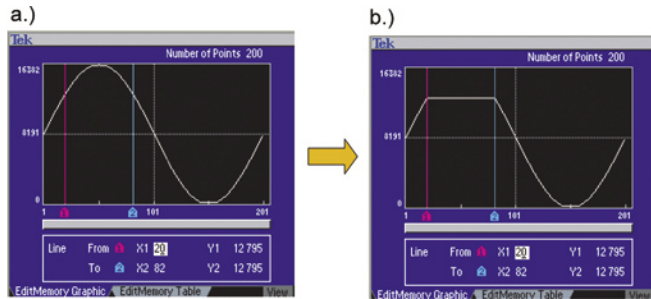
Wszystkie klawisze zostały umieszczone po prawej stronie płyty czołowej. Zostały one pogrupowane pod kątem

zrzą więc jakby kilka niezależnych klawiatur. Grupa *Function* służy do wyboru typu generowanego przebiegu. Do dyspozycji mamy: sinusoidę, prostokąt (stały współczynnik wypełnienia równy 50%), piłę, przebieg impulsowy (sygnał prostokątny, ale z możliwością regulacji współczynnika wypełnienia, czasów narastania i opadania zboczy, itp.), wreszcie przebieg zdefiniowany samodzielnie przez użytkownika. Pod przyciskiem *More...* dostępnych jest jeszcze kilka dodatkowych dość oryginalnych kształtów, jak np.:  $\sin(x)/x$ , haversine (krzywa typu  $1/2(1-\cos(x))$ ), szum, krzywa Gaussa, krzywa Lorentza, przebieg wykładniczy, a także DC.

Wszystkie parametry generowanych przebiegów, takie jak: amplituda, przesunięcie poziomu (*offset*), częstotliwość, faza, okres, itd. mogą być ustawiane po wybraniu przyciskami funkcyjnymi odpowiedniej opcji z menu ekranowego (rys. 1). Aby uchronić użytkownika przed koniecznością „przedzierania się” przez menu, przewidziano również specjalne przyciski skrótów umieszczone na płycie czołowej (rys. 2). Pozwalają one natychmiast wejść w daną opcję. Ustawianie wartości odbywa się za pomocą „bębna” (kręcąc pokrętkę zmieniamy cyfrę na pozycji wskazywanej przez kursor w polu wprowadzania) lub bezpośrednio wystukując wartość liczbową za pomocą klawiatury numerycznej. O ile pierwsza metoda będzie przydatna np. podczas ręcznego przestrajania generatora w sposób płynny, to z klawiatury numerycznej skorzystamy, gdy będziemy wprowadzać zupełnie odmienne wartości niż ustawione aktualnie (kręcenie gałką było by zbyt niewygodne). Do klawiatury numerycznej należą również klawisze *Cancel*, *BKSP* (*Backspace*) i *Enter*, a także klawisze przesuwu kursora.

W generatorze AFG3102 przewidziano ustawienie kilku parametrów określających tryb pracy przyrządu. Są one dostępne po naciśnięciu klawisza *Utility*. Zostaje wówczas wyświetlone specjalne menu, w którym mamy możliwość wyboru interfejsu sprzętowego, w jaki wyposażono generator oraz określenia jego parametrów. Standardowo dostępne są: GPIB oraz Ethernet. Menu *Utility* pozwala również ustawić kilka dodatkowych opcji, jak np.: język komunikatów (polskiego niestety nie ma), kontrast ekranu i jego wygaszacz, sygnalizację dźwiękową, za-





Rys. 3. Ilustracja działania funkcji „Line”: a.) przed wykonaniem polecenia, b.) po wykonaniu polecenia

bezpieczeństwo przed dostępem do zmiany ustawień przez osoby niepowołane, parametry wyzwalania, itd. Po włączeniu zasilania generator może rozpocząć pracę od ustawień wprowadzonych ostatnio lub od trybu domyślnego. Przydatną w praktyce cechą przyrządu będzie na pewno możliwość zachowania czterech jego konfiguracji (*Save*). Mogą być one następnie szybko przywoływane klawiszem *Recall*. Dzięki temu minimalizuje się czas przestawienia generatora, nawet w przypadku skrajnie różnych przebiegów. Niestety nie da się w ten sposób wybrać własnych przebiegów arbitralnych. Wątpli-

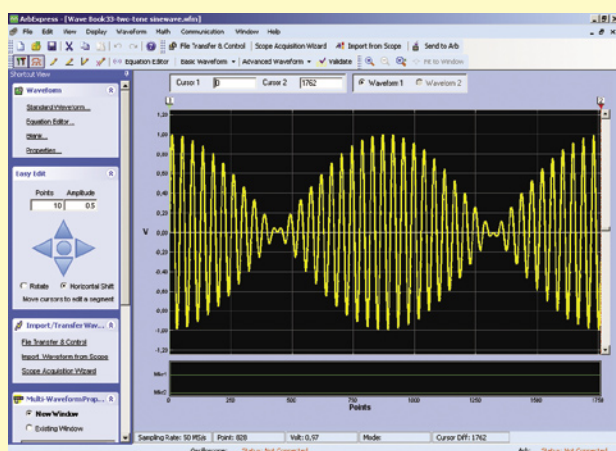
wość może budzić stosunkowo niewielka liczba konfiguracji (cztery), jakie można zachować w wewnętrznej pamięci generatora. Ograniczenia tego nie ma w przypadku stosowania pamięci USB.

### Wysnzione kształty

Najważniejszą zaletą generatora arbitralnego jest oczywiście możliwość definiowania własnych przebiegów. Dokonuje się tego bezpośrednio z pulpitu przyrządu, albo za pomocą specjalnego programu, który można zainstalować z płytki CD (wyposażenie standardowe).

Definiowanie przebiegów rozpoczyna się z chwilą naciśnięcia klawisza *Edit*.

Do standardowego wyposażenia generatora dostarczany jest program „ArbExpress” służący do projektowania własnych przebiegów arbitralnych. Zawiera wiele predefiniowanych kształtów, które można wykorzystać w całości lub użyć jako wzorca do dalszych modyfikacji. Do projektowania można wykorzystać również „Equation Editor”, w którym przebiegi są definiowane poprzez podanie odpowiednich wyrażeń matematycznych.



Zrzut ekranowy programu „ArbExpress”

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

**MS Elektronik**  
 Dystrybutor Elementów Elektronicznych  
 Tel. (58) 629 24 69  
 Faks: (58) 629 32 00  
 E-mail: info@mselektronik.com.pl  
**Oferta czynnych i biernych elementów elektronicznych renomowanych producentów**  
[www.mselektronik.com.pl](http://www.mselektronik.com.pl)

**NORD Plus ELEKTRONIK**  
**ZESTAWY DO SAMODZIELNEGO MONTAŻU**  
[www.nordelektronikplus.pl](http://www.nordelektronikplus.pl)

**RENEX**  
**NARZĘDZIA DLA ELEKTRONIKÓW**  
[www.renex.com.pl](http://www.renex.com.pl)

**www.piekarz.pl**  
 HURTOWNIA CZĘŚCI ELEKTRONICZNYCH  
 szeroki asortyment z magazynu **nowa strona www**

**Diody laserowe • Bezpieczniki/oprawki bezpiecznikowe**  
**SEMICON Sp. z o.o.** [www.semicon.com.pl](http://www.semicon.com.pl)  
 Wyłączniki termobimetaliczne • Gniazda/moduły zasilające

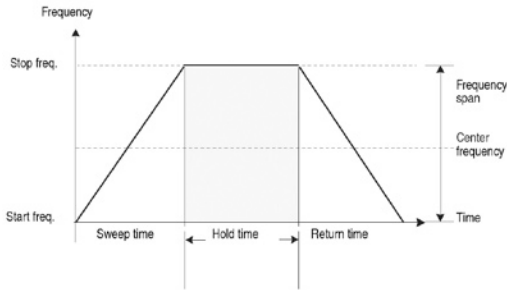
**PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE SEMICS**  
[www.semics.net.pl](http://www.semics.net.pl)

**Zasilacze Prądotwórcze i Transformatory**  
[www.telto.pl](http://www.telto.pl)

**UNITRA UNIZET**  
 nowa strona [www.unizet.com.pl](http://www.unizet.com.pl)

<http://www.wobit.com.pl> / [www.eilniki.com](http://www.eilniki.com) / [www.prowadnice.com](http://www.prowadnice.com)  
 przewodnice silniki DC  
 przewodnice silniki krokowe  
 potencjometry czujniki zbliżeniowe  
[www.czujniki.pl](http://www.czujniki.pl) / [www.ekodery.pl](http://www.ekodery.pl) / [www.potencjometry.com](http://www.potencjometry.com)

Pierwsza Polska Katalogowo-Wysyłkowa Firma Elektroniczna  
**TME** [www.tme.pl](http://www.tme.pl)  
 Electronic Components



Rys. 4. Ilustracja pracy generatora w trybie „Sweep” (wobulacja)

Uaktywniana jest wówczas specjalna pamięć edycyjna, w której zapisuje się wartości kolejnych próbek. Definiowany w generatorze AFG3102 przebieg może mieć maksymalnie 65536 próbek. Trudno sobie wyobrazić, aby komuś wystarczyło cierpliwości na to, by tyle wartości wprowadzać ręcznie, dlatego procedura edycji jest wyposażona w mechanizmy pozwalające zautomatyzować tę operację. Należy ponadto pamiętać, żeby zawsze po zakończeniu definiowania przebiegu zapisać go w tzw. pamięci wewnętrznej (*Internal Memory*) lub pamięci USB. Pamięć edycyjna, to zwykły RAM, którego zawartość jest tracona po zaniku zasilania. System plików pozwala na nadawanie dowolnych nazw (dostępne są znaki alfanumeryczne), co w przypadku dużej ich liczby może się okazać bardzo cenną pomocą.

Wszystkie próbki wprowadzone podczas edycji przebiegu są traktowane jako jeden okres przebiegu okresowego. Będą podczas normalnej pracy odtwarzane tak, aby częstotliwość generowanego sygnału była zgodna z wartością ustawioną w menu *Frequency* (ewentualnie *Period* w odniesieniu do czasu). Próbkę mogą być ustawiane punkt, po punkcie (opcja *Data*), albo odcinkami za pomocą funkcji *Line* (rys. 3). Druga metoda zapewnia większy komfort pracy i może przyspieszyć operację definiowania

przebiegu. Przydatną opcją jest również import danych z pliku.

### Tryby pracy

Możliwości pomiarowe generatora AFG3102 są dużo większe niż zwykłego generatora funkcyjnego, jaki dobrze znamy. Można nawet powiedzieć, że łączy on w sobie cechy kilku typowych przyrządów wykorzystywanych powszechnie w pracowniach konstrukcyjnych i serwisach. W podstawowym trybie (*Continuous*) pracuje oczywiście jako typowy generator funkcyjny, w którym można zmieniać kształt i parametry generowanego przebiegu. Silną stroną przyrządu jest, jak już wiemy, możliwość wykorzystywania własnych przebiegów użytkownika. Uniwersalność generatora AFG3102 ujawnia się w przypadkach, w których konieczne jest zastosowanie dwóch sygnałów pomiarowych. Użytkownik ma do dyspozycji dwa wyjścia, z których może dość swobodnie korzystać.

W drugim trybie pracy (*Modulation*) użytkownik może modulować sygnał pobierany z kanału podstawowego wybranym przebiegiem wewnętrznym lub zewnętrznym. Liczba dostępnych opcji pokrywa najczęściej stosowane rodzaje modulacji, a więc: AM (*Amplitude Modulation*), FM (*Frequency Modulation*), PM (*Phase Modulation*), PWM (*Pulse Width Modulation*), FSK (*Frequency Shift Keying*). Przebiegiem modulującym może być dowolny przebieg, jaki możemy ustawić w generatorze w trybie *Continuous* (sinus, prostokąt, piła, itd.).

Trzeci tryb (*Sweep*) zamienia generator AFG3102 w wobulator. Na wyjściu pojawia się przebieg o zmiennej częstotliwości, a charakter tych zmian można dość dowolnie określić poprzez podanie odpowiednich parametrów (rys. 4). Sygnałem o przemiatanej częstotliwości może

być jeden z dostępnych przebiegów z wyjątkiem szumu i DC. Ten tryb pracy może być wykorzystywany np. do badania charakterystyk częstotliwościowych wzmacniaczy.

Ostatni tryb (*Burst*) służy do generowania ciągów przebiegów wyjściowych o określonym czasie trwania. Można do tego wykorzystywać dostępne w generatorze sygnały (sinus, prostokąt, piła, przebiegi impulsowe i arbitrarne). Dostępne są tu dwie metody generowania ciągów:

- poprzez wyzwolenie sygnałem wyzwalającym (*Triggered Burst Mode*) – rys. 5a. Po wykryciu impulsu wyzwalającego zostaje wygenerowana paczka zawierająca N okresów przebiegu. N może być liczbą całkowitą z przedziału 1...1000000 lub w specyficznym przypadku może przyjąć wartość nieskończoną.
- poprzez bramkowanie przebiegiem zewnętrznym (rys. 5b). Sygnał wyjściowy jest generowany tylko w czasie, gdy poziom przebiegu wyzwalającego jest wysoki.

Przebiegi wyzwalające mogą być pobierane z wejścia zewnętrznego lub drugiego, wewnętrznego kanału generatora.

### Zdalne sterowanie

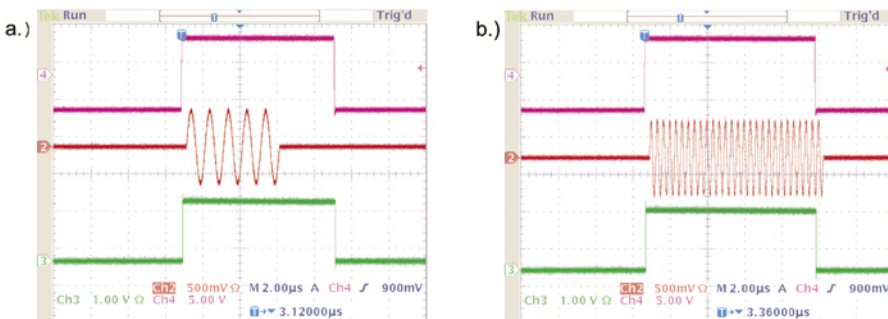
Generator arbitrarne AFG3102 jest – jak już wiemy – wyposażony w interfejs GPIB. Za pomocą niego można sterować pracą przyrządu bez konieczności manipulowania jakimkolwiek elementem regulacyjnym umieszczonym na płycie czołowej. Pozwala to całkowicie zautomatyzować pomiary i wykorzystywać do tego np. komputer PC. Wszystkie komendy (*commands*) i zapytania (*queries*), jakie mają być przesłane do generatora mogą być zapisane w postaci programu. Językiem programowania jest SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*) wykorzystujący notację Backus–Naur Form (BNF). Jak można sądzić po nazwach, *commands* to polecenia do wykonania przez generator, np.

DISPlay:CONTRast argument  
– ustawia kontrast wyświetlacza na wartość zgodną z argumentem.

Natomiast *queries*, to polecenie odczytania jakiegoś parametru z generatora.

DISPlay:CONTRast? – zwraca ustawioną wcześniej wartość kontrastu.

Język SCPI jest dość prosty do opanowania mimo, że opis komend



Rys. 5. Przebiegi wyjściowe w trybie „Burst”: a.) wyzwolenie impulsem, b.) bramkowanie



List. 1. Przykładowy program obsługi generatora AFG3102

```
Private Sub Sample2_Click()
'Assign resource
Tvc1.Descriptor = „GPIO0:11::INSTR”
'Initialize of device setting
Tvc1.WriteString („*RST”)
'Make arbitrary block data (2000 Points)
Dim wave(4000) As Byte
For i = 0 To 499 ,Leading edge (500 Points)
Data = i * Int(16382 / 500) ,Data range is from 0 to 16382
High = Int(Data / 256) ,AFG's Data Format is big endian
Low = Data - (High * 256)
wave(2 * i) = High
wave(2 * i + 1) = Low
Next i
For i = 500 To 799 'Part of High Level (800 Points)
Data = 16382
High = Int(Data / 256)
Low = Data - (High * 256)
wave(2 * i) = High
wave(2 * i + 1) = Low
Next i
For i = 800 To 999 'Trailing Edge (200 Points)
Data = (1000 - i) * Int(16382 / 200)
High = Int(Data / 256)
Low = Data - (High * 256)
wave(2 * i) = High
wave(2 * i + 1) = Low
Next i
For i = 1000 To 1999 'Part of Low Level (1000 Points)
Data = 0
High = Int(Data / 256)
Low = Data - (High * 256)
wave(2 * i) = High
wave(2 * i + 1) = Low
Next i
'Transfer waveform
' Transfer arbitrary block data to edit memory
Tvc1.SendEndEnabled = False
Tvc1.WriteString („TRACE:DATA EMEMORY,#44000”)
Tvc1.SendEndEnabled = True
Tvc1.WriteByteArray (wave)
'Copy contents of edit memory to USER1
Tvc1.WriteString („TRAC:COPY USER1,EMEM”)
'Set CH1 output parameters
Tvc1.WriteString („FUNCTION USER1”) 'Set output waveform
USER1
Tvc1.WriteString („FREQUENCY 8K”) 'Set frequency 8kHz
Tvc1.WriteString („OUTPUT ON”) 'Set CH1 output on
End Sub
```

i zapytań zajmuje ok. 90 stron dokumentacji. Dobrze napisany program pozwoli nie tylko na automatyczną zmianę trybów pracy generatora i zakresów pomiarowych. Dzięki możliwości raportowania stanu przyrządu można również wykrywać sytuacje nieprzewidziane oraz awaryjne i odpowiednio na nie reagować. Przykładowy program przedstawiono na list. 1.

### Na zakończenie

Posiadanie generatora AFG3102 jest z pewnością marzeniem każdego praktykującego elektronika. Doskonale pod względem ergonomicznym zaprojektowana płyta czołowa sprawia, że manipulowanie przyciskami nie sprawia najmniejszego kłopotu. Wszystkie czynności operatorskie są wykony-

wane intuicyjnie, a gdy nawet pojawi się jakaś wątpliwość, to w każdej chwili może być wyjaśniona dzięki pomocy ekranowej. Cechy użytkowe generatora arbitralnego sprawiają, że bije on „na głowę” tradycyjne generatory funkcyjne. Żeby tylko cena była na miarę zwykłego wyjadacza chleba. Niestety, na razie chyba nie będzie to możliwe. Płacimy za patenty, technologię, no i oczywiście firmę.

**Jarosław Doliński, EP**  
**jaroslaw.dolinski@ep.com.pl**

### Dodatkowe informacje

Generator do testów dostarczyła firma Tespol Sp. z o.o., Wrocław, ul. Tarnogajska 11/13, tel. (71) 783 63 60, fax (71) 783 63 61, [www.tespol.com.pl](http://www.tespol.com.pl), [tespol@tespol.com.pl](mailto:tespol@tespol.com.pl)

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

mierniki - technika lutownicza - narzędzia [www.biall.com.pl](http://www.biall.com.pl)

**BIALL**

UNI-TEST CIE OCHY KEWTECH KYORITSU SGL X

**CONRAD**  
 ELEKTRONIKA TECHNIKA INNOWACJE  
[www.conrad.pl](http://www.conrad.pl)

**Cyfronika** [www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)  
 elektronika dla wszystkich  
 sklep internetowy  
 wszystko dla elektroniki  
[www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)

[www.dexon.pl](http://www.dexon.pl)  
 TECHNIKA NAGŁOŚNIENIOWA

**UJARZMIĆ ENERGIE**  
**FERYSTER** [www.feryster.com.pl](http://www.feryster.com.pl)  
 producent elementów indukcyjnych

**GAMMA** [www.gamma.pl](http://www.gamma.pl)  
 info@gamma.pl **PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE**

**LARO** [www.laro.com.pl](http://www.laro.com.pl)  
**CZĘŚCI ELEKTRONICZNE**

**LG** [www.lcel.com.pl](http://www.lcel.com.pl)  
 nadajemy kształt elektronice

- klawiatury
- obudowy
- materiały pomocnicze
- wsparcie technologiczne
- płyty czołowe
- akcesoria

**ELEKTRONIK**

**WIĘCEJ NIŻ PROFESJONALNA DYSTRYBUCJA**  
**M ARTHE** [www.marthe.pl](http://www.marthe.pl)  
 UKŁADY SCALONE WINBOND, WARYSTORY  
 TERMISTORY, KOMPUTERY PRZEMYSŁOWE

**STEROWNIKI.PL** [www.sterowniki.pl](http://www.sterowniki.pl)  
 sterowniki przemysłowe w automatyce

AKTUALNOŚCI • FIRMY • WIEDZA  
 PLIKI • SKLEP • KURSY  
 PRACA • FORUM

tel. (22) 499-88-39  
 fax (22) 773-79-43